

УДК 669-1

**Е. А. Кочеткова\*, В. С. Цепелев, В. В. Вьюхин, В. В. Конашков**

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

\**kochetkovayekaterina@mail.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук В. С. Цепелев

## **ВЯЗКОСТЬ СПЛАВА МЕЛЬХИОРА МАРКИ МН19**

Исследованы температурные зависимости кинематической вязкости мельхиора марки МН19. На основании полученных экспериментальных данных предложены следующие рекомендации: минимальный нагрев до температуры 1400 °С, выдержка  $\approx 5$  мин для гомогенизации расплава.

*Ключевые слова:* политерма, кинематическая вязкость, гистерезис, структура, сплав, физические свойства сплава, мельхиор

**E. A. Kochetkova, V. S. Tsepelev, V. V. Vyukhin, V. V. Konashkov**

## **VISCOSITY OF MELCHIOR ALLOY MARK MN19**

The temperature dependences of the kinematic viscosity of melchior alloy mark MN19 are investigated. On the basis of the obtained experimental data, the following recommendations were given: the minimum heating to a temperature of 1400 °C, an extract  $\approx 5$  min. to homogenize the melt.

*Key words:* polytherm, kinematic viscosity, hysteresis, structure, alloy, physical properties of the alloy, melchior

Сплав мельхиора марки МН19 имеет следующий химический состав: Ni 18,0–20,0 %, остальное — медь. Этот сплав обладает высокой коррозионной стойкостью и имеет высокую прочность и пластичность. В работе выполнены подробные измерения кинематической вязкости сплава мельхиора марки МН19 методом затухающих крутильных колебаний тигля со ступенчатым изменением температуры  $T = 30$  °С [1–4]. Экспериментальные исследования проводились на установке для измерения кинематической вязкости расплавов в атмосфере высокочистого гелия под давлением  $10^5$  Па в режиме нагрева от  $T = 1300$  до 1600 °С и последующего охлаждения образца. На тем-

пературных зависимостях вязкости, которые были получены в режиме нагрева, в области  $T = 1300\text{--}1350\text{ }^{\circ}\text{C}$  наблюдается уменьшение значений вязкости и гистерезис при последующем охлаждении (рис. 1).

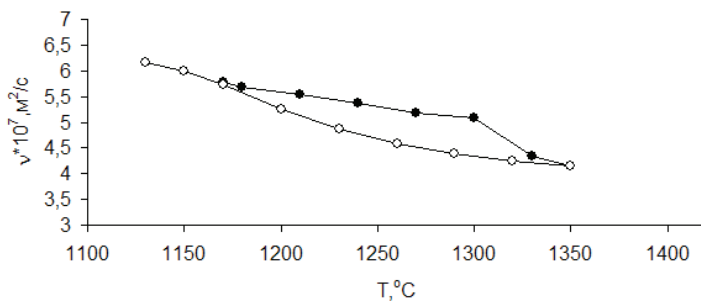


Рис. 1. Температурная зависимость кинематической вязкости мельхиора МН19 при нагреве до  $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\bullet$  — нагрев,  $\circ$  — охлаждение)

При нагреве образца до температуры  $T = 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  на политермах вязкости наблюдается уменьшение значений вязкости. Также на температурных зависимостях вязкости расплава наблюдается гистерезис в области  $1250\text{--}1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 2).

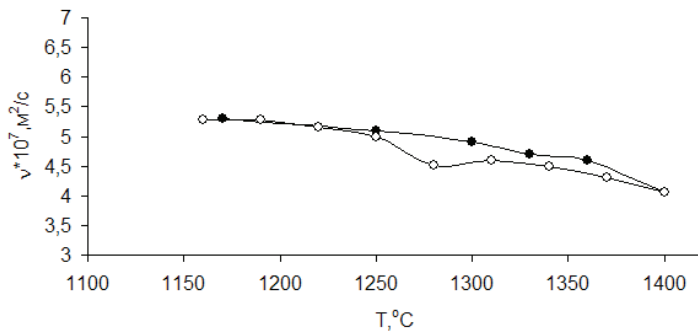


Рис. 2. Температурная зависимость кинематической вязкости мельхиора МН19 при нагреве до  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\bullet$  — нагрев,  $\circ$  — охлаждение)

Наличие гистерезиса говорит об исчезновении неравновесных неоднородностей. Перегибы говорят о немонотонности, иногда скачкообразности процессов перехода системы к равновесию. Нагревом до критических температур происходит перевод расплава в равновесное состояние.  $T = 1300\text{--}1360\text{ }^{\circ}\text{C}$  — переходная область, при которой

происходит интенсивная перестройка расплава, о чем свидетельствуют полученные политермы. При уменьшении времени в жидком состоянии в режиме нагрева эта область расширяется в направлении высоких температур (рис. 2).

Проведена термовременная выдержка расплава при  $T = 1300^\circ\text{C}$ . Производился нагрев до этой температуры, выдержка в течение 80 мин с последующим охлаждением (рис. 3). После 50 мин расплав приходит в равновесное состояние. При меньших временах наблюдается осцилляция.

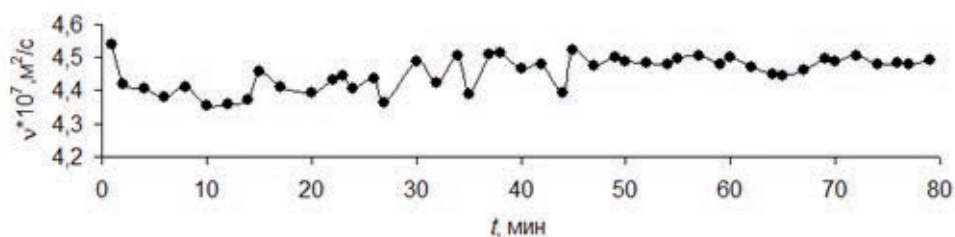


Рис. 3. Термовременная выдержка в течение 80 мин при  $T = 1300^\circ\text{C}$  (• — нагрев)

Вязкость является структурно-чувствительным свойством расплава, поэтому можно полагать, что имеющиеся особенности на политермах вязкости жидкого сплава МН19 определены структурными превращениями в нем. Гистерезис температурных зависимостей вязкости показывает изменение состояния расплава при нагреве и последующем охлаждении. В случае использования нагрева до предельной температуры при минимальном времени выдержки процесс перевода расплава в равновесное состояние наиболее эффективен, чем при нагреве ниже критической температуры, но при длительной выдержке сплава.

В результате проведенной работы получены новые экспериментальные данные о физических свойствах сплава мельхиора МН19. Определены значения характерных критических температур и температур гистерезиса вязкости, при которых структура расплава претерпевает существенные перестройки.

На основании полученных экспериментальных данных предложены следующие рекомендации к технологии выплавки сплава: минимальный нагрев до температуры  $1400^\circ\text{C}$ , выдержка 5 мин для гомогенизации расплава.

### Литература

1. Автоматизированная система определения кинематической вязкости расплавов/Д. В. Егоров [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1998. Т. 64, № 11. С. 46–48.
2. Поводатор А. М., Цепелев В. С., Конашков В. В. Экспресс-измерение декремента затухания при фотометрическом определении вязкости высокотемпературных металлических сплавов //Известия вузов. Черная металлургия. 2015. Т. 58, № 6. С. 407–411.
3. Устройство бесконтактного определения вязкости образцов металлических расплавов: пат. 2668958 Рос. Федерация / А. М. Поводатор, В. В. Вьюхин, В. С. Цепелев, В. В. Конашков. 2018. Бюл. № 28.
4. Датчик устройства бесконтактного определения вязкости образцов металлических расплавов: пат. на полезную модель 176448 / Поводатор А. М., Цепелев В. С., Вьюхин В. В., Конашков В. В.. 2018, Бюл. № 2.